






**PRODUCTION OF CAPSULES AND PARTICLES FOR IMPROVEMENT OF FOOD PRODUCTS.****Publication number:** MXPA03006862**Publication date:** 2004-10-15**Inventor:** MANUEL MARQUEZ (ES)**Applicant:** KRAFT FOODS HOLDINGS INC (US)**Classification:****- international:** A23L1/00; A23L1/22; A23L1/30; A23P1/04; B01J13/04;  
A23L1/00; A23L1/22; A23L1/30; A23P1/04; B01J13/04;  
(IPC1-7): A23L1/00; B01J13/00**- european:** A23L1/00P4; A23L1/22; A23L1/30; A23P1/04;  
B01J13/04**Application number:** MX2003PA06862 20030731**Priority number(s):** ES20010000231 20010131; WO2002US02787  
20020130**Also published as:** EP1364718 (A1)  
 WO02060591 (A1)  
 WO02060275 (A1)  
 EP1355537 (A1)  
 US2004069632 (A1)

more &gt;&gt;

[Report a data error here](#)**Abstract of MXPA03006862**

The present invention is related to the production of capsules or particles of micro and nanometric size, for introduction into food, using stable electrified coaxial jets of two immiscible liquids with diameters in the micro and nanometric range. An aerosol of charged structured droplets forms when the jets dissociate by capillary instabilities. The structured droplets, which are mano-dispersed in size, contain a first liquid (generally the material desired to be added) that is surrounded by a second liquid. Generally the second liquid provides a barrier or protective coating which allows the addition of the first liquid to a food product without adversely affecting the organoleptic or other properties of the food product.

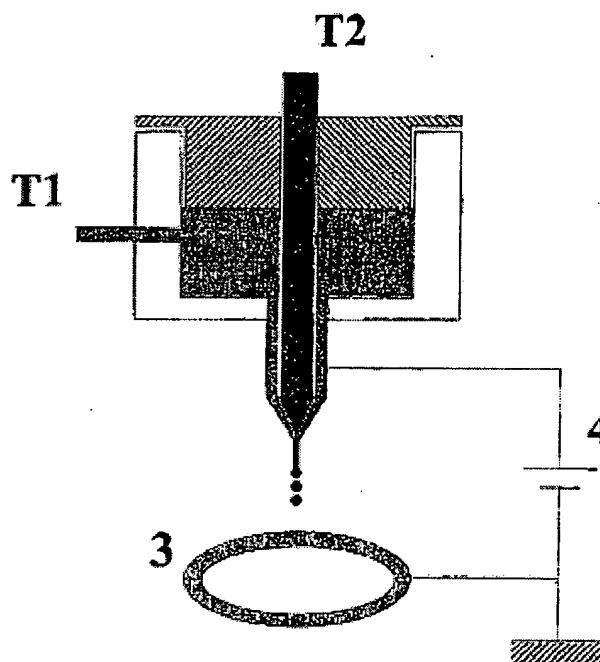


Figure 1

**BEST AVAILABLE COPY**

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





(12)

**SOLICITUD de PATENTE**

- (43) Fecha de publicación: **15/10/2004** (51) Int. Cl. 7: **A23L 01/00, B01J 13/00**  
(22) Fecha de presentación: **31/07/2003** (86) Número de solicitud PCT: **US 02/02787**  
(21) Número de solicitud: **PA03006862** (87) Número de publicación PCT: **WO 02/060275 (08/08/2002)**

(30) Prioridad(es): **31/01/2001 ES P 200100231**

(71) Solicitante:  
**KRAFT FOODS HOLDINGS, INC.**  
**Three Lakes Drive 60093 Northfield Illinois US**

(72) Inventor(es):  
**MANUEL MARQUEZ**  
**Camilo Jose Cela 6 p-b, 2b Sevilla E-41018 ES**

(74) Representante:  
**MANUEL GOMEZ-MAQUEO A.**  
**Primera Cerrada del Pedregal 36 Distrito**  
**Federal 04000 MX**

(54) Título: **PRODUCCION DE CAPSULAS Y PARTICULAS PARA MEJORA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.**  
(54) Title: **PRODUCTION OF CAPSULES AND PARTICLES FOR IMPROVEMENT OF FOOD PRODUCTS.**

(57) **Resumen**

La presente invencion se relaciona con la produccion de capsulas o particulas de tamano micro y nanometrico, para introduccion en alimentos, usando chorros coaxiales electrificados de dos liquidos inmiscibles con diametros en el rango micro y nanometrico. Un aerosol de gotas estructuradas cargadas se forma cuando los chorros se disocian por inestabilidades capilares. Las gotas estructuradas, que son nano-dispersas en tamano, contienen un primer liquido (generalmente el material que se desea anadir) que se rodea por un segundo liquido. Generalmente, el segundo liquido proporciona una barrera o recubrimiento protector que permite la adiccion del primer liquido a un producto alimenticio sin afectar de manera adversa las propiedades organolepticas u otras del producto alimenticio.

(57) **Abstract**

The present invention is related to the production of capsules or particles of micro and nanometric size, for introduction into food, using stable electrified coaxial jets of two immiscible liquids with diameters in the micro and nanometric range. An aerosol of charged structured droplets forms when the jets dissociate by capillary instabilities. The structured droplets, which are mano-dispersed in size, contain a first liquid (generally the material desired to be added) that is surrounded by a second liquid. Generally the second liquid provides a barrier or protective coating which allows the addition of the first liquid to a food product without adversely affecting the organoleptic or other properties of the food product.

## (12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau

PCT

(43) International Publication Date  
8 August 2002 (08.08.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/060275 A1

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: A23L 1/00, B01J 13/00
- (21) International Application Number: PCT/US02/02787
- (22) International Filing Date: 30 January 2002 (30.01.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
P 200100231 31 January 2001 (31.01.2001) ES
- (71) Applicant (for all designated States except US): KRAFT FOODS HOLDINGS, INC. [US/US]; Three Lakes Drive, Northfield, IL 60093 (US).
- (72) Inventors; and
- (73) Inventors/Applicants (for US only): RIPOLL, Antonio, Barrero [ES/ES]; Camilo Jose Cela 6, p-2, 2-b, E-41018 Sevilla (ES). GANAN-CALVO, Alfonso, M. [ES/ES]; Camilo Jose Cela, 4, p-8, 3-a, E-41018 Sevilla (ES). LOSCERTALES, Ignacio, Gonzalez [ES/ES]; Avda. San Isidro 12, E-29108 Malaga (ES). BON, Raul, Cortijo [ES/ES]; c/Padre Coloma 4, 1P, E-29018 Malaga (ES). MARQUEZ, Manuel [VE/US]; 14 Seffield Court, Lincolnshire, IL 60069 (US).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## Published:

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: PRODUCTION OF CAPSULES AND PARTICLES FOR IMPROVEMENT OF FOOD PRODUCTS

(57) Abstract: The present invention is related to the production of capsules or particles of micro and nanometric size, for introduction into food, using stable electrified coaxial jets of two immiscible liquids with diameters in the micro and nanometric range. An aerosol of charged structured droplets forms when the jets dissociate by capillary instabilities. The structured droplets, which are mano-dispersed in size, contain a first liquid (generally the material desired to be added) that is surrounded by a second liquid. Generally the second liquid provides a barrier or protective coating which allows the addition of the first liquid to a food product without adversely affecting the organoleptic or other properties of the food product.

WO 02/060275 A1

PRODUCCIÓN DE CÁPSULAS Y PARTÍCULAS PARA MEJORA  
DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

5      Campo de la Invención

La invención se relaciona generalmente con el campo de producción de pequeñas partículas y/o cápsulas con tamaños extremadamente pequeños y uniformes usando técnicas electrohidrodinámicas (EHD). Las partículas y/o cápsulas como se preparan por esta invención se adaptan especialmente para uso en productos alimenticios y permiten, por ejemplo, la adición de aditivos alimenticios mejoradores o funcionales sin tener efectos adversos en las propiedades organolépticas u otras de los productos alimenticios.

15      Antecedentes de la Invención

La presente invención usa fuerzas electrohidrodinámicas (EHC) para generar chorros coaxiales y estirarlos a los tamaños deseados. Para condiciones operativas apropiadas, una tasa de flujo de líquido, en la forma de un chorro de dimensión micro/nanométrica, se emite a partir del vértice de un cono Taylor (es decir, un menisco líquido que adopta una forma cónica debido al balance entre los esfuerzos eléctricos y la tensión interfacial). Para condiciones de operación apropiadas, una tasa de flujo de líquido, en la forma de un chorro de dimensión micro/nanométrica) se emite a partir de tal un cono Taylor. La desintegración de este chorro da lugar a un aerosol de gotas

cargadas, el cual se llama un electro-rocío. Esta configuración es ampliamente conocida como electro-rocío en el modo de chorro de cono (Cloupeau y colaboradores, J. Electrostatics, 22, 135-159, 1992). Las leyes de escalamiento para la corriente emitida y el tamaño de gota del electro-rocío se dan en la literatura (ver, v.gr., Fernández de la Mora y colaboradores, J. Fluid Mech., 260, 155-184, 1994; Gañán-Calvo y colaboradores, J. Aerosol Sci., 28, 249-275, 1997; Gañán-Calvo, Phys. Rev. Lett., 79, 217-220, 1997; Hartman y colaboradores, J. Aerosol Sci. 30, 823-849, 1999). El electro-rocío es una técnica que ha probado satisfactoriamente su habilidad para generar chorros de líquido estables y aerosoles mono-dispersos con tamaños variando a partir de unos cuantos nanómetros a cientos de micras (Loscertales y colaboradores, J. Chem. Phys., 103, 5041-5060, 1995). Generalmente, en la mayoría de los experimentos de electro-rocío, un líquido único (o solución) forma el cono Taylor. Sin embargo, el procedimiento descrito en las patentes US 5,122,670 (16 de junio de 1992) y 5,517,260 (20 de octubre de 1992), tituladas "Multilayer Flow Electrospray Ion Source Using Improved Sheath Liquid" y "Method and Apparatus for Focusing Ions in Viscous Flow Jet Expansion Region of an Electrospray Apparatus", respectivamente, involucran dos o mas líquidos miscibles que se inyectaron apropiadamente para mezclarse en el cono Taylor para mejorar la transmisión de iones, y la estabilidad y sensibilidad de un espectrómetro de masas. Otras patentes de interés para la presente invención con

relación a tecnología de electro-rocío incluyen, por ejemplo, las patentes US 4,885,076 (5 de diciembre de 1989), 4,977,785 (18 de diciembre de 1990), 5,170,053 (8 de diciembre de 1992), 5,171,990 (15 de diciembre de 1992), 5,393,975 (28 de febrero de 1995), y Re. 35,413 (31 de diciembre de 1996).

Recientemente ha habido un interés significativo para proporcionar productos alimenticios teniendo beneficios de salud y/o nutricionales incrementados. Tales productos alimenticios mejorados y/o tales alimentos funcionales generalmente tienen uno o mas ingredientes añadidos que se incluyen para proporcionar beneficio de salud y/o nutricional específicos. Así, alimentos tales como panes con carbohidratos añadidos, cereales con vitaminas y/o minerales añadidos, alimentos en los cuales componentes no deseables son reducidos por la adición de otros componentes mas deseables (v.gr., el reemplazo de grasa con un sustituto de grasa), alimentos conteniendo proteína de soja, alimentos conteniendo fibra, alimentos enriquecidos con proteínas, alimentos conteniendo ácidos grasos omega, alimentos enriquecidos con calcio u otro mineral o vitamina, alimentos conteniendo suplementos dietéticos, y similares, se están volviendo cada vez mas populares con un público consciente de la salud. Tales alimentos mejorados o funcionales pueden contribuir al bienestar global y/o reducir el riesgo de ciertas enfermedades o condiciones.

Desafortunadamente, es comúnmente difícil incorporar

tales ingredientes en productos alimenticios sin afectar de manera adversa las propiedades organolépticas y/u otras del producto alimenticio. Idealmente, se desea proporcionar tal un producto alimenticio mejorado o funcional que tiene sabor, textura, y otras propiedades organolépticas tan cercanas como, o quizás aun superiores a, el producto alimenticio convencional sin los ingredientes añadidos. En muchos casos, sin embargo, tales aditivos proporcionan propiedades de sabor, aroma, texturas, o similares no deseables para los alimentos a los cuales se agregan. En algunos casos, los aditivos de mejora puede aun reaccionar o formar complejos con otros componentes del producto alimenticio (incluyendo, por ejemplo, otros aditivos de mejora deseados) con ello afectando de manera adversa al producto alimenticio en alguna manera o haciendo los aditivos disponibles con menor facilidad para absorción y uso en el cuerpo ante el consumo.

Así, sería deseable proporcionar alimentos mejorados y/o funcionales donde tales aditivos de mejora se contienen en una forma que previene o significativamente reduce el deterioro de las propiedades organolépticas u otras de los alimentos a los cuales se añaden. La presente invención proporciona tales alimentos mejorados y/o funcionales. Por ejemplo, la presente invención permite la incorporación de aditivos de mejora que, excepto para el uso de la presente invención, normalmente resultarían en defectos de sabor, aroma, textura, u otros



organolépticos cuando se agregan a los productos alimenticios. Así, la presente invención permite para el producto de alimentos mejorados y/o funcionales sin defectos organolépticos, o con estos significativamente reducidos, normalmente asociados con tales aditivos de mejora; realmente, los alimentos mejorados y/o funcionales de esta invención se asemejan de manera cercana al alimento convencional correspondiente sin tales aditivos mejoradores.

#### Compendio de la Invención

La presente invención se relaciona con la producción de cápsulas o partículas de tamaño micro- o nano-métrico, para introducción en alimentos, usando chorros coaxiales electrificados estables de dos líquidos inmiscibles con diámetros en el rango micro- y nano-métrico. Un aerosol de gotas estructuradas cargadas se forma cuando los chorros se disocian por inestabilidades capilares. Las gotas estructuradas, que son mono-dispersas en tamaño, contienen un primer líquido (generalmente el material que se desea añadir) que se rodea por un segundo líquido. Generalmente, el segundo líquido proporciona una barrera o recubrimiento protector que permite la adición del primer líquido a un producto alimenticio sin afectar de manera adversa las propiedades organolépticas u otras del producto alimenticio.

Una variedad de dispositivos y métodos se divulgan que permiten la formación de micro-chorros coaxiales electrificados estables. En formas de realización preferidas, el fluido interior

es un líquido que forma un alimento o aditivo de alimento, que sería deseable tener en, pero que no se puede agregar a alimentos por alguna razón (v.gr., defectos de sabor o reacción con otros componentes en el producto alimenticio). Un líquido exterior no tóxico rodea al interior. Los chorros coaxiales se rompen en gotas estructuradas donde el fluido interior (alimento líquido) se recubre con el exterior (recubrimiento de vehículo líquido). El recubrimiento provisto por el líquido exterior impide que ya sea los defectos de sabor o efectos reactivos del alimento líquido tengan sus consecuencias no deseables. Estas formas de realización proporcionan partículas esféricas al alimento líquido recubierto con una capa de otro material no tóxico (v.gr., un polímero que se degrada en el tracto gastrointestinal) y que puede o no ser un producto alimenticio.

El diámetro exterior de los chorros coaxiales pueden tener un diámetro en el rango de alrededor de 80 nanómetros a alrededor de 100 micras. El chorro estable se mantiene por la acción de esfuerzos eléctricos cuando ambos líquidos se alimentan a las tasas de flujo apropiadas. Los aerosoles mono-dispersos de la invención se caracterizan por tener un alto grado de uniformidad en el tamaño de partículas. Las partículas tienen el mismo diámetro con una desviación en diámetro de una partícula a otra en un rango de alrededor de  $\pm 2$  (o menos) a alrededor de  $\pm 10$  por ciento.

Esta invención proporciona un método para formar

chorros electrificados coaxiales estables de dos líquidos no miscibles por vía de EHD. Esta invención también proporciona un aerosol mono-disperso de partículas o cápsulas estructuradas como resultado del rompimiento de los chorros coaxiales. Las cápsulas se caracterizan por medio de tener el mismo diámetro con una desviación en diámetro de una partícula a otra en un rango de alrededor de  $\pm 2$  (o menos) a alrededor de  $\pm 10$  por ciento. Estas cápsulas pueden desecarse siguiendo a la dispersión y después agregarse al alimento.

Una ventaja de la presente invención es que las gotas resultantes tienen un tamaño uniforme, y que, dependiendo de las propiedades de los líquidos y las tasas de flujo inyectadas, tal un tamaño puede fácilmente variarse de decenas de micras a unos cuantos nanómetros. Otra ventaja de la invención es que cápsulas se crean con un cantidad relativamente pequeña de energía. Otra característica de la invención es que el área superficial de una sustancia dada puede mantenerse mientras disminuye la cantidad global de la sustancia (v.gr., una partícula de fibra recubierta con aceite). Esto puede permitir la introducción de componentes que son generalmente incompatibles con un alimento (v.gr., introducción de lactasa en leche) por medio de recubrir el componente. Aun otra característica de la invención es el uso de producción de componentes de liberación por tiempo para controlar la entrega de los contenidos de la cápsula (v.gr., carbohidratos recubiertos para permitir una entrega sistemática sobre, por

ejemplo, un periodo de una a doce horas).

Otra ventaja de esta invención resulta del hecho que el rompimiento del chorro da lugar a gotas micro/nanométricas estructuradas. En algunas aplicaciones particulares, el líquido exterior es una solución conteniendo monómeros, la cual bajo excitación apropiada polimeriza para producir cápsulas micro/nanométricas. Cuando gotas no cargadas se requieren, el aerosol puede fácilmente neutralizarse por descarga de corona.

Estos y otros aspectos, ventajas, y características se volverán aparentes para los técnicos en la materia ante la lectura de esta divulgación en combinación con la figura provista.

#### Breve Descripción del Dibujo

La figura 1 proporciona una representación esquemática de un aparato 100 adecuado para la formación de cápsulas y partículas para la incorporación en productos alimenticios por generación de chorros compuestos por vía de EHD. Un cono Taylor estructurado 20 se forma en los extremos 18 de las agujas electrificadas 14 y 16 cuando el líquido interior 10 y el líquido exterior 12, respectivamente, se inyectan a tasas de flujo apropiadas a través de sus puntas de aguja 18 respectivas. Al menos una aguja (en este caso la aguja 16) se conecta a una diferencia de potencial 28 con respecto de un electrodo de referencia 24 el cual tiene un agujero 26 a través de él. En una forma de realización preferida, la diferencia de potencial 28

entre las agujas 14 y 16 y el electrodo de referencia 24 es de unos cuantos kV. Dos chorros concéntricos 21, uno de ellos rodeando al otro, se emiten a partir de la punta (es decir, el vértice de cono) del cono Taylor 20. Los chorros concéntricos 21 se rompen eventualmente por inestabilidades varicosas dando lugar a un aerosol de gotas de compuesto 22 con el líquido interior 10 (gris oscuro) rodeando por el exterior 12 (gris ligero). La cámara 30 contiene una atmósfera dieléctrica (es decir, gas, líquido, o vacío) en la cual las gotas de compuesto 22 se forman. Las gotas de compuesto 22 pueden removerse a partir de la cámara 30 por vía del agujero 26.

#### Descripción Detallada

La presente invención se relaciona con la producción de cápsulas o partículas de tamaño micro- y nano-métrico, para introducción en alimentos, usando chorros coaxiales electrificados estables de dos líquidos inmiscibles con diámetros en el rango micro- y nano-métrico. Un aerosol de gotas estructuradas cargadas se forma cuando los chorros se disocian por inestabilidades capilares. Las gotas estructuradas, las cuales son monodispersas en tamaño, contienen un primer líquido (generalmente el material que se desea agregar) que se rodea por un segundo líquido. Generalmente, el segundo líquido proporciona una barrera o recubrimiento protector que permite la adición del primer líquido a un producto alimenticio sin afectar de manera adversa las propiedades organolépticas u otras del producto alimenticio.

En la presente invención, líquidos se inyectan a tasas de flujo apropiadas a través de agujas metálicas conectadas a un suministro de voltaje alto. Las agujas pueden arreglarse de manera ya sea concéntrica o una de ellas rodeando a las otras.

5 Mas aun, si la conductividad eléctrica de uno o mas líquidos es suficientemente alta, entonces el líquido puede cargarse a través de su volumen. En ese caso, una aguja no metálica (es decir, tubo de sílice) puede usarse para inyectar el líquido.

10 La presente invención usa dos o mas líquidos inmiscibles (o pobremente miscibles) para formar, por medios de fuerzas EHD, un cono Taylor estructurado rodeado/inmerso por una atmósfera dieléctrica (gas, líquido, o vacío). De preferencia, la atmósfera dieléctrica es un gas inerte (es decir, no reactivo con por lo menos el líquido exterior) o un vacío. Un menisco exterior rodeando los interiores forma la estructura del cono. Un hilo líquido se emite a partir del vértice de cada uno de los meniscos en una manera tal que un chorro compuesto de líquidos fluidos se forma. El chorro micro/nanométrico altamente cargado, estructurado, se emite a partir del vértice del cono Taylor, y eventualmente se rompe para formar un rocío de gotas micro/nanométricas monodispersas, altamente cargadas, estructuradas. El término chorro estructurado como se usa en la presente se refiere a ya sea chorros coaxiales cuasi-cilíndricos o a un chorro rodeando a los otros. El diámetro exterior del chorro generalmente varía de 20 alrededor de 50 micras a unos cuantos nanómetros. El término 25

rocío de gotas micro/nanométricas, monodispersas, altamente cargadas, estructuradas, como se usa en la presente se refiere a gotas cargadas formadas por capas concéntricas de diferentes líquidos o por una gota exterior de líquido rodeando gotas mas pequeñas de líquidos inmiscibles (o emulsiones)/un líquido absorbiendo gotas mas pequeñas de líquidos inmiscibles. El diámetro exterior de las gotas varía de 100 micras a unos cuantos nanómetros.

Una variedad de dispositivos y métodos se divulgan los cuales permiten la formación de micro-chorros coaxiales electricificados estables. En formas de realización preferidas, el fluido interior es un líquido el cual forma un alimento o aditivo de alimento, el cual puede ser deseable para tener en, pero que no se puede agregar a alimentos por alguna razón (v.gr., defectos de sabor o reacción con otros componentes en el producto alimenticio). Un líquido exterior no tóxico rodea al interior. Chorros coaxiales se rompen en gotas estructuradas donde el fluido interior (alimento líquido) se recubre con el exterior (recubrimiento de vehículo líquido). El recubrimiento provisto por el líquido exterior impide que ya sea el mal sabor o los efectos reactivos del alimento líquido obtengan sus consecuencias no deseables. Estas formas de realización proporcionan partículas esféricas de alimentos líquidos recubiertos con una capa de otro material no tóxico (v.gr., un polímero que se degrada en el tracto gastrointestinal) y puede o no ser un producto alimenticio.

cio.

En general, la presente invención usa un dispositivo teniendo un número  $N$  de puntas de alimentación de  $N$  líquidos, tal que una tasa de flujo  $Q_i$  del líquido  $i$  fluya a través de la punta de alimentación  $i$ , donde  $i$  es un valor entre 2 y  $N$ . Las puntas de alimentación se arreglan de manera concéntrica y cada punta de alimentación se conecta a un potencial eléctrico  $V_i$  con respecto de un electrodo de referencia. El líquido  $i$  que fluye a través de la punta de alimentación  $i$  es inmisible o poco miscible con los líquidos  $(i+1)$  e  $(i-1)$ . Un menisco estructurado capilar electrificado con forma cónica notable se forma a la salida de las puntas de alimentación. Un chorro coaxial capilar firme, formado por los  $N$  líquidos, tal como el líquido  $i$  que rodea al líquido  $(i+1)$ , se emite a partir del ápice del cono. Generalmente, tales chorros capilares tienen un diámetro variando típicamente entre 100 micras y 15 nanómetros. Este diámetro es mucho mas pequeño que los diámetros de las puntas de alimentación de los  $N$  líquidos.

Las puntas de alimentación también pueden arreglarse tal que el líquido exterior rodea al resto de las puntas de alimentación. En este caso, a la salida de las puntas de alimentación, un menisco capilar electrificado se forma con forma cónica notable, cuyo ápice emite un chorro compuesto capilar firme formado por los  $N$  líquidos de flujo concurrente, en una manera tal que, por ejemplo, el líquido 1 rodea al resto de los



líquidos. Las N puntas de alimentación del dispositivo tienen diámetros que pueden variar entre 0.01 y 5 mm. Las tasas de flujo de los líquidos que fluyen a través de las puntas de alimentación pueden variar entre alrededor de  $10^{-17}$  y  $10^{-7}$  m<sup>3</sup>/s. Cuando la distancia entre la punta de alimentación y el electrodo de referencia está entre alrededor de 0.01 mm y alrededor de 5 cm, el potencial eléctrico aplicado generalmente está en el rango de alrededor de 10 V a alrededor de 30 KV.

En el caso particular que tiene solamente dos puntas de alimentación (es decir, N=2; ver la figura 1), la presente invención proporciona un aparato comprendiendo:

a) una punta de alimentación 1 a través de la cual un líquido 1 fluye a una tasa de flujo  $Q_1$  a una salida 1 y se conecta con un potencial eléctrico  $V_1$ ; y

b) una punta de alimentación 2 a través de la cual un líquido 2 fluye a una tasa de flujo  $Q_2$  a una salida 2 y se conecta con un potencial eléctrico  $V_2$ ,

donde la punta de alimentación 2 se rodea por el líquido 1 y tal que  $V_1$  y  $V_2$  sean valores diferenciales con respecto de un electrodo conectado a un potencial de referencia, con lo cual un menisco capilar electrificado con forma cónica notable se forma a la salida de las puntas de alimentación 1 y 2, donde un chorro capilar estable se forma por los líquidos 1 y 2, tal que el líquido 1 rodee completamente al líquido 2 como se emiten a partir de las salidas 1 y 2, donde los líquidos 1 y 2

son inmiscibles o poco miscibles. Generalmente, tal un chorro capilar tiene un diámetro de alrededor de 100 micras a alrededor de 15 nanómetros; este diámetro es mas pequeño que el diámetro característico del menisco líquido capilar electrificado a partir del cual se emite.

Dos configuraciones básicas se discuten anteriormente que permiten configurar un flujo de dos líquidos inmiscibles que, por la acción única de las fuerzas electro-hidrodinámicas (EHD), resultan en la formación de un chorro capilar de tamaño micro/nanométrico, estructurado, estable. Este chorro capilar de tamaño micro/nanométrico estructurado se sumerge en una atmósfera dieléctrica (inmiscible con el líquido mas exterior formando al chorro) que puede ser un gas, un líquido, o vacío.

El dispositivo básico usado en ambas configuraciones del aparato anteriormente descrito comprenden: (1) un medio para alimentar un primer líquido 1 a través de un tubo metálico  $T_1$ , cuyo diámetro interior varía aproximadamente entre 1 y 0.4 mm, respectivamente; (2) un medio para alimentar un segundo líquido 2, inmiscible con el líquido 1, a través de un tubo metálico  $T_2$ , cuyo diámetro exterior es mas pequeño que el diámetro interior de  $T_1$ . En este caso,  $T_1$  y  $T_2$  son concéntricos (el extremo de los tubos no necesita localizarse en la misma posición axial); (3) un electrodo de referencia (v.gr., un anillo metálico por ejemplo) colocado en frente de las salidas de aguja a una distancia de alrededor de 0.01 y alrededor de 50 mm; el eje del agujero del

anillo se alinea con el eje de  $T_1$ ; y (4) un suministro de energía de alto voltaje, con un polo conectado a  $T_1$  y el otro polo conectado al electrodo de referencia.  $T_1$  y  $T_2$  pueden no conectarse al mismo potencial eléctrico. Todos los elementos se sumergen en una atmósfera dieléctrica que puede ser un gas, un líquido inmiscible con el líquido 1, o vacío. Generalmente, la atmósfera dieléctrica puede contenerse dentro de una cámara como se muestra en la Figura 1. Por supuesto, si la atmósfera dieléctrica es aire, la cámara es simplemente el aire que rodea al cono Taylor y los chorros concéntricos. Una parte del aerosol generado, o aun el chorro estructurado, puede extraerse a través del orificio en (3) para caracterizarlo o procesarlo.

Las fuerzas EHD deben actuar, por lo menos, en uno de los dos líquidos, aunque pueden actuar en ambos. Se denomina líquido impulsor al líquido ante el cual actúan las fuerzas EHD para formar el cono Taylor. En la primera configuración, el líquido impulsor fluye a través del espacio anular que queda entre  $T_1$  y  $T_2$ , mientras que en la segunda configuración el líquido impulsor fluye a través de  $T_2$ , y el segundo líquido fluye a través del espacio anular entre  $T_1$  y  $T_2$ . En cualquier caso, la conductividad eléctrica del líquido impulsor debe tener un valor suficientemente alto para permitir la formación del cono Taylor.

Con referencia a la primera configuración, cuando el líquido 1 (el líquido impulsor) se inyecta a una tasa de flujo apropiada  $Q_1$  y un valor apropiado de la diferencia de potencial

eléctrico se aplica entre  $T_1$  y un electrodo y, el líquido 1 desarrolla un cono Taylor, cuyo ápice emite un chorro micro/nanométrico cargado estable (modo de chorro de cono estable). La forma cónica característica del menisco líquido es debido a un balance entre la tensión superficial y las fuerzas eléctricas que actúan simultáneamente y/en la superficie del menisco. El movimiento del líquido se ocasiona por el esfuerzo tangencial eléctrico que actúa en la superficie del menisco, jalando al líquido hacia la punta del cono Taylor. En algún punto, el equilibrio mecánico recién descrito falla, tal que la superficie del menisco cambia de cónica a cilíndrica. Las razones detrás de esta falla de equilibrio pueden ser debidas a, dependiendo del régimen de operación, la energía cinética del líquido o el valor finito de la conductividad eléctrica del líquido. El líquido así expulsado debido a la fuerza EHD, deberá recuperarse continuamente para una inyección apropiada de líquido a través de  $T_1$  para alcanzar un estado estable. La estabilidad de este estado precursor puede caracterizarse bien por medio de supervisar la corriente eléctrica  $I$  transportada por el chorro y el aerosol recolectado en el electrodo. Dependiendo de las propiedades del líquido 1 y de  $Q_1$ , el movimiento del líquido dentro del cono Taylor puede dominarse por la viscosidad, en cuyo caso, la velocidad de líquido en todas partes dentro del cono apunta principalmente hacia la punta del cono. De otra manera, el flujo dentro del cono puede exhibir fuertes re-circulaciones, las

cuales deben evitarse para producir chorros micro/nanométricos estructurados. Siempre que el flujo se domine por la viscosidad, se puede entonces proceder a formar el chorro micro/nanométrico estructurado. Para hacerlo, se suministra continuamente líquido 2 a través de  $T_2$ . El menisco del líquido 2, el cual se desarrolla dentro del cono Taylor formado por el líquido 1, es chupado hacia la punta del cono por el movimiento del líquido 1. Bajo ciertas condiciones de operación, las cuales dependen de las propiedades de ambos líquidos (y de las propiedades líquido-líquido), el menisco del líquido 2 puede desarrollar una punta cónica a partir de la cual un chorro micro/nanométrico se extrae por el movimiento del líquido 1. En esta situación, pueden existir regímenes donde el chorro del líquido 2 fluya coaxialmente con el líquido 1. Como antes, el líquido 2 se suministra continuamente a  $T_2$  a una tasa de flujo  $Q_2$  para alcanzar un estado estable.

Cuando el dispositivo opera en la segunda configuración, el procedimiento es análogo, excepto que el movimiento del líquido impulsor no necesita dominarse por la viscosidad.

Aunque no se desea limitarse por la teoría, el presente estudio sugiere que la formación de chorros de líquido coaxiales requiere que los valores de la tensión superficial de los pares de fluidos diferentes que aparecen en el problema satisfacen la desigualdad  $S_{a1} - S_{a0} > S_{o1}$ , donde  $S_{a1}$  es la tensión superficial del líquido 2 y la atmósfera dieléctrica,  $S_{a0}$  es la tensión superficial del líquido 1 y la atmósfera dieléctrica, y  $S_{o1}$  es la tensión

interfacial del líquido 1-líquido 2, respectivamente.

Para dar una idea de los valores típicos de los parámetros diferentes que aparecen en el proceso, la tabla siguiente proporciona mediciones experimentales de la corriente eléctrica transportada por el chorro para diferentes tasas de flujo del líquido interior manteniendo fija la tasa de flujo del líquido exterior.

$$Q_1 = 50 \text{ ml/min}$$

$Q_2$ (ml/min)	0.67	0.83	1.17	1.50	1.84	2.17
$I$ (mAmp)	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0

Nótese que en este ejemplo, correspondiente al caso donde  $Q_1$  es mucho mayor que  $Q_2$ , el valor de la corriente  $I$  sigue la ley de electro-rocío bien conocida  $I \propto Q_2^{3/4}$ .

Para producir cápsulas nanométricas a través del procedimiento de la presente invención, un fotopolímero puede usarse como el líquido externo. De hecho, el rompimiento del chorro estructurado por la acción de inestabilidades capilares da lugar a la formación de un aerosol de gotas estructuradas las cuales, bajo la acción de una fuente de luz ultravioleta, permiten el encapsulado del líquido interior.

Dispositivo General Ilustrado en la Figura 1

Un dispositivo 100 usado para producir chorros coaxiales cargados estables de líquidos no miscibles con diámetros en el rango micro/nanométrico y el aerosol subsecuente

de micro/nano partículas o cápsulas para adición a alimentos se muestra y describe en la presente (ver figura 1). Por supuesto, otras formas de realización de este dispositivo pueden usarse siempre que produzcan el aerosol deseado de micro/nano partículas o cápsulas estructuradas para la adición a alimentos. Aunque  
5 varias formas de realización son parte de la invención, se proporcionan meramente como dispositivos ejemplares que pueden usarse para transmitir la esencia de la invención, la cual es la formación de micro-chorros coaxiales estables de diámetros micro y nanométricos por vía de EHD y/o dispersión uniforme de  
10 micro/nano partículas estructuradas.

El dispositivo básico para usar en la invención de acuerdo con la figura 1 comprende: (1) medios para suministrar un primer líquido 12 a través de un tubo metálico 16, de preferencia  
15 con un diámetro exterior de alrededor de 400 mm y un diámetro interior de alrededor de 200 mm; (2) medios para suministrar un segundo líquido 10, no miscible con el primero líquido 12, a través de un tubo metálico 14, con un diámetro exterior que es mas pequeño que el diámetro interior del tubo 16; (3) un contra-  
20 electrodo (tierra) 24, o extractor, como una placa metálica, colocado a distancia corta (v.gr., de preferencia alrededor de 1 mm) en frente de las puntas de aguja 18, teniendo un agujero 26 en él; el centro del agujero 26 se localiza aproximadamente a lo largo de, y alineado con, el eje longitudinal de las puntas de  
25 aguja; y (4) un suministro de energía de alto voltaje, con uno de

los polos conectado a la aguja 16 y el otro conectado al contra-  
electrodo 24. Ambas agujas o tubos 14 y 16 pueden o no estar al  
mismo potencial eléctrico. En la configuración mostrada en la  
figura 1, la aguja 14 se coloca de manera concéntrica dentro de  
la aguja 16. La salida de las agujas o tubos 14 y 16 puede o no  
colocarse en la misma posición axial. Todos los componentes se  
sumergen en una atmósfera dieléctrica que puede ser un gas,  
líquido, o vacío. Un cono Taylor 20 se forma en las puntas de  
aguja 18 y un chorro micro-estructurado 21 se forma a partir de  
la porción del cono Taylor 20 que se remueve de las puntas de  
aguja 18. Parte del aerosol 22 formado, o aun el chorro micro-  
estructurado 21, puede retirarse a través del agujero 26 para  
procesamiento adicional o caracterización de los productos. Por  
supuesto, los técnicos en la materia observarán que dimensiones  
específicas dadas aquí, así como a través de la especificación,  
pueden variarse tanto como las cápsulas y partículas deseadas  
para incorporación en productos alimentos se puedan obtener como  
se describe en la presente.

Mas específicamente, la figura 1 proporciona una  
representación esquemática de un aparato 100 adecuado para la  
formación de cápsulas y partículas para incorporación en  
productos alimenticios por generación de chorros compuestos por  
vía de EHD. Un cono Taylor estructurado 20 se forma en los  
extremos 18 de las agujas electrificadas 14 y 16 cuando el  
líquido interior 10 y el líquido exterior 12, respectivamente, se



inyectan a tasas de flujo apropiadas a través de sus puntas de  
aguja respectivas 18. Por lo menos una aguja (en este caso la  
aguja 16) se conecta a una diferencia de potencial 28 con  
respecto de un electrodo de referencia 24 el cual tiene un  
5 agujero 26 a través de él. En una forma de realización preferida,  
la diferencia de potencial 28 entre las agujas 14 y 16 y el  
electrodo de referencia 24 es de unos cuantos kV. Dos chorros  
concéntricos 21, uno de ellos rodeando al otro, son emitidos a  
partir de la punta (es decir, el vértice de cono) del cono Taylor  
10 20. Los chorros concéntricos 21 se rompen eventualmente por  
inestabilidades varicosas dando lugar a un aerosol de gotas  
compuestas 22 con el líquido interior 10 (gris oscuro) rodeado  
por el líquido exterior 12 (gris claro). La cámara 30 contiene  
una atmósfera dieléctrica (es decir, gas, líquido, o vacío) en la  
15 cual las gotas compuestas 22 se forman. Las gotas compuestas 22  
pueden removerse de la cámara 30 por el agujero 26.

Si la conductividad eléctrica de uno de los dos  
líquidos es suficientemente alta, un menisco cónico (cono Taylor)  
se forma a la salida de la aguja cuando una diferencia de voltaje  
suficientemente alta se aplica entre la aguja 16 y el contra-  
20 electrodo 24. Se le llama líquido impulsor al líquido ante el  
cual actúan las fuerzas EHD para formar el cono Taylor. Es  
necesario que fuerzas EHD actúen sobre por lo menos un líquido,  
aunque pueden actuar en ambos. Se describirá la configuración en  
25 la cual el líquido "impulsor" fluye a través del espacio libre

entre las agujas 14 y 16. Un chorro muy delgado (micro/nano) 21 es emitido a partir del cono Taylor 20 (es decir, el vértice de cono), el así llamado modo de cono-chorro. La forma cónica del menisco es debida al balance entre la tensión superficial y las

5 fuerzas eléctricas que actúan en la superficie del menisco. El movimiento del líquido se enciende por los esfuerzos de corte eléctricos que actúan en la superficie del cono, el cual jala al líquido hacia la punta del cono. Otras fuerzas como la presión

10 dinámica se vuelven importantes en y mas allá de cierto punto de la interfaz cónica del menisco electrificado, y la interfaz cambia de forma cónica a similar a chorro. La masa líquida expulsada a través del chorro por las fuerzas EHD, deberá continuamente reponerse por un suministro continuo apropiado de líquido 12 a través de la aguja 16 para lograr un estado estable;

15 que esta tasa de flujo sea  $Q_A$ . La estabilidad de esta etapa precursora depende de la corriente  $I$  portada por el chorro y el aerosol que se recolecta en 24. Dependiendo de tanto las propiedades del fluido 12 y de  $Q_A$ , el movimiento del líquido 12 dentro del cono Taylor puede dominarse por completo por la

20 viscosidad. En ese caso, la velocidad del fluido, en cualquier punto dentro del cono Taylor, apunta de manera dominante hacia el ápice del cono. De otra manera, el flujo puede exhibir movimiento meridiano re-circulatorio fuerte y aun remolinos. Estos movimientos deberán evitarse para producir chorros coaxiales por vía EHD.

25 Si el flujo de líquido 12 es dominado por la viscosidad, y una

tasa de flujo QB del líquido 12 se suministra continuamente a la  
aguja 14, el menisco de líquido 10, formado dentro del cono  
Taylor 20 desarrollado por el líquido 12, se jala por el  
movimiento del líquido 12 hacia el ápice del cono. Bajo ciertas  
condiciones de operación, que dependen de las propiedades y las  
tasas de flujo de ambos líquidos, el menisco de líquido 10  
desarrolla una punta cónica a partir de la cual un micro/nano  
chorro estable de líquido 10 es jalado por el movimiento del  
líquido 12. En esta situación, puede haber regímenes en los  
cuales ambos chorros fluyen de manera concéntrica, aquel del  
líquido 10 estando por dentro de aquel del líquido 12. De nuevo,  
para alcanzar un estado estable, el líquido 12 deberá suminis-  
trarse continuamente a la aguja 14 a una cierta tasa de flujo QB.  
La otra configuración se lleva a cabo cuando el líquido "impul-  
sor" 12 fluye a través de la aguja 16 y el segundo líquido 10  
fluye a través del espacio anular entre 14 y 16. En este caso, el  
movimiento del líquido "impulsor" no necesita dominarse por la  
viscosidad.

El líquido 10 (es decir, el líquido interior en las  
cápsulas o partículas deseadas) es en general una formulación  
líquida de un alimento, el cual es alto en valor nutricional pero  
tiene un sabor desagradable y por lo tanto sería de interés  
recubrirlo con un polímero o cualquier otro material sin sabor.

El efecto de enfoque de las fuerzas eléctricas da lugar  
a chorros con diámetros que pueden ser de miles de veces menores

en diámetro que los diámetros de las agujas. Este efecto proporciona ventajas tales como (1) el atascamiento de la aguja de salida prácticamente se elimina, y (2) los diámetros de los chorros coaxiales y consecuentemente las partículas resultantes son mucho mas pequeños que los diámetros de las agujas. Esto es deseable dado que es muy difícil diseñar agujeros o tubos para extrusión de líquidos con diámetros muy pequeños.

Una variedad de configuraciones de componentes y tipos de fluidos se volverán aparentes para los técnicos en la materia ante la lectura de esta divulgación. Estas configuraciones y fluidos se engloban por la presente invención siempre que puedan producir un modo de cono-chorro electrificado estable de un primer líquido. El líquido que viene de una aguja de alimentación forma un cono Taylor 20 en la compuerta de salida si la aguja se conecta a un potencial eléctrico cuyo valor cae dentro de un rango apropiado con respecto a un electrodo de referencia. Un chorro electrificado muy delgado 21 se emite a partir del vértice de cono. Un segundo fluido, no miscible con el primero, puede inyectarse tasas de flujo apropiadas a través de una segunda aguja, la cual se configura concéntricamente con respecto de la primera. Esta segunda aguja puede conectarse al mismo, o alternativamente a un diferente, potencial. Un chorro se emite a partir de la punta del menisco mas o menos cónico del segundo fluido, el cual es anclado a la salida de la segunda aguja. Este chorro se acelera por el primero a través de la acción de las

fuerzas viscosas y fluye coaxialmente con él. El rompimiento eventual de los chorros coaxiales debido a inestabilidades varicosas resulta en un aerosol 22 de gotas esféricas con un líquido interior recubierto por uno exterior. La estabilidad de las gotas puede mantenerse por un número de procedimientos. Por ejemplo, pueden aspirarse en un tubo de curado e irradiarse por energía para endurecer o polimerizar el recubrimiento exterior. Como ejemplo, lactosa puede recubrirse con un recubrimiento de polímero, el cual no se disolvería en un producto lácteo (v.gr., leche o helado) pero se disolvería en el tracto gastrointestinal. Haría posible que los individuos intolerantes a la lactasa coman productos lácteos dado que la lactosa se combinaría con la enzima lactasa después de consumirse y su efecto negativo para esos individuos se volvería neutralizada.

La forma de realización de la figura 1 se diseña claramente para producir cápsulas de una sustancia recubierta por otra sustancia. Por lo tanto, la aguja de alimentación exterior se posiciona de manera concéntrica con la interior en el dispositivo de la figura 1. Mas aun, dos o mas agujas de alimentación adicionales con cada una posicionada de manera concéntrica alrededor de la precedente pueden rodear a la aguja interior. Si varios líquidos se inyectan a través de las agujas a tasas de flujo y valores de voltaje de aguja apropiados, el rompimiento de los multi-chorros coaxiales resultantes da lugar a un aerosol de gotas compuestas de varias capas aproximadamente

concéntricas. Los diámetros de las esferas (interior y exterior) pueden ajustarse con precisión por medio de variar la relación de tasa de flujo exterior-interior.

5 Deberá enfatizarse que los diámetros de los chorros coaxiales dependen de: (1) las tasas de flujo, (2) las propiedades de los dos líquidos, principalmente la conductividad del líquido impulsor, y (3) los voltajes aplicados, pero no de los diámetros de las agujas de alimentación. Las primeras pueden ser miles de veces mas pequeñas que las segundas.

10 En el caso de cápsulas de dos materiales, el material que constituirá el núcleo de la cápsula se inyecta de manera estable a través de la aguja interior mientras el recubrimiento se inyecta entre los tubos interior y exterior. Uno de los líquidos (o ambos) actúa como impulsor formando un cono Taylor  
15 bajo la acción de las fuerzas EHD a partir de cuyo vértice se emite un chorro extremadamente delgado. El otro líquido se forza por las fuerzas viscosas como consecuencia del movimiento del líquido impulsor (o por una combinación de fuerzas tanto viscosas y EHD si la conductividad eléctrica del segundo líquido también  
20 es suficientemente alta).

#### Formulación y Composición de Partículas Preparadas Usando la Presente Invención en Productos Alimenticios

25 En la presente especificación y reivindicaciones anexas, las formas singulares uno, una y el, la, incluyen referencias plurales a menos que el contexto claramente dicte de

otra manera. Así, por ejemplo, referencia a una cápsula incluye una pluralidad de cápsulas y referencia a un líquido incluye referencia a una mezcla de líquidos, y sus equivalentes conocidos para los técnicos en la materia, y así sucesivamente. A menos que  
5 se defina de otra manera, todos los términos técnicos y científicos usados en la presente tienen el mismo significado como se entiende por un técnico en la materia a la cual corresponde esta invención.

Los términos cápsulas, partículas atomizadas, y  
10 partículas de formulación atomizadas se usan de manera intercambiable en la presente y significarán partículas de formulaciones líquidas (de preferencia alimentos líquidos) que han sido atomizados usando el dispositivo y método de la invención.

El término formulación como se usa en la presente se  
15 refiere a cualquier materia para atomizarse. Una formulación puede contener un componente sencillo para agregarse al alimento, o puede contener componentes múltiples. El término también pretende englobar excipientes, vehículos, y similares, incluyendo compuestos a los cuales los componentes se conjugan, como se  
20 describe en las siguientes secciones.

El término alimento como se usa en la presente significa (1) artículos usados para alimento (consumido por boca para nutrición) o bebida para hombres u otros animales, (2) artículos usados para componentes de cualquier otro artículo  
25 alimenticio. Alimento incluye artículos usados por gente en la

manera ordinaria en la cual la mayoría de la gente utiliza el alimento (es decir, por sabor, aroma, y/o valor nutricional). El término alimento como se usa en la presente también pretende cubrir aditivos alimenticios (v.gr., condimentos) y alimentos especializados tales como fórmula para infantes.

El término aditivo alimenticio como se usa en la presente significa cualquier sustancia cuyo uso pretendido resulta o puede esperarse razonablemente que resulte, directamente o indirectamente, en su conversión en un componente o de otra forma afectando las características de cualquier alimento, incluyendo cualquier sustancia pretendida para uso para producir, fabricar, empacar, procesar, preparar, tratar, empacar, transportar, o mantener alimentos. El término como se usa en la presente no incluye un químico pesticida o un fármaco regulado por la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (ya sea como un fármaco que requiere o no receta médica) que ha sido añadido al alimento. Ejemplos de aditivos alimenticios incluyen componentes que por si mismos no son aditivos tales como vitaminas, minerales, aditivos de color, aditivos herbales (v.gr., Echinacea, hierba de San Juan, y similares), antimicrobianos, conservadores, y similares los cuales cuando se agregan al alimento son aditivos.

El término aditivo de color como se usa en la presente incluye un colorante, pigmento, u otra sustancia que cuando se añade o aplica a un alimento es capaz de impartir color a él.



El término fórmula para infantes como se usa en la presente se refiere a un alimento que pretende ser o se representa por un uso dietético especial solamente como alimento para infantes por razón de su simulación a leche humana o su adecuación como sustituto completo o parcial para leche humana.

El término alimento mejorado como se usa en la presente se refiere a un producto alimenticio que se mejora sobre un producto alimenticio convencional por la adición de mas de un componente ya presente en la contraparte convencional. Como se usa, el término engloba alimentos funcionales, pero también incluye alimentos tales como panes con carbohidratos añadidos, cereales con vitaminas y/o minerales añadidos, y alimentos en los cuales componentes no deseables se reducen por la adición de otros componentes mas deseables (v.gr., reemplazo de grasa con un sustituto de grasa).

El término alimento funcional como se usa en la presente se refiere a alimento designado con aditivos funcionales que combina de manera efectiva ingredientes no encontrados juntos usualmente en un fuente alimenticia sencilla. Los alimentos funcionales tienen la apariencia y estructura de alimentos convencionales pero contienen niveles significativos de componentes biológicamente activos que imparten beneficios de salud o efectos fisiológicos deseables mas allá de nutrición básica. Un ejemplo de un alimento funcional es un alimento que no es normalmente alto en fibra o proteína al cual se agrega ya sea

fibra o proteína. Por ejemplo, la adición de fibra insoluble cuya fuente es salvado de trigo a algunos alimentos puede reducir el riesgo de cáncer de mama o de colon.

5 El término "nutricéutico" como se usa en la presente se refiere a productos producidos a partir de alimentos y/o fuentes naturales (v.gr., extractos herbales) que son vendidos en formas médicas tales como píldoras, polvos y pociones.

10 Los términos vitaminas, minerales, vitaminas y minerales, y similares como se usan en la presente generalmente se refieren a aditivos alimenticios nutritivos que pueden encontrarse en o añadirse a un producto alimenticio. Como se usan en la presente, suplementos de vitaminas y suplementos de minerales se consideran suplementos dietéticos, y como son productos separados no caen bajo la definición de alimento per se, pero en su lugar se consideran ser nutricéuticos para  
15 propósitos de la presente solicitud.

20 El término fármaco como se usa en la presente significa (1) artículos reconocidos en la Farmacopea Oficial de los Estados Unidos, Farmacopea Homeopática Oficial de los Estados Unidos, Formulario Nacional Oficial de los Estados Unidos, o la Referencia de Escritorio de Médicos (PDR) de los Estados Unidos, cualquier suplemento de cualquiera de ellas, y (2) artículos pretendidos para uso en diagnosis, cura, mitigación, tratamiento, o prevención de enfermedades en hombre u otros animales; y (3)  
25 artículos (diferentes de alimentos) pretendidos para afectar la

estructura o cualquier función del cuerpo del hombre u otros animales; y (4) artículos pretendidos para uso como componente de cualquier artículo especificado en (1), (2), o (3).

Los métodos descritos en la presente permiten la  
5 adición a alimentos de un número de diferentes componentes pero evitan el contacto entre alimentos y aditivos. Los componentes funcionales pueden usarse solos o en combinación en las partículas, los cuales pueden diseñarse y dimensionarse para bio-eficiencia incrementada de las partículas. Mas aun, componentes  
10 funcionales pueden encontrarse en el interior de la partícula recubierta, como una capa en partículas de capas múltiples, o en el recubrimiento de partículas producidas en esta invención.

Los componentes de formulación también pueden ser materiales inertes que sirven para recubrir una partícula  
15 funcional, o proporcionar un relleno como una plantilla para recubrirse con composición conteniendo una partícula funcional.

Por ejemplo, extractos herbales y/o los componentes funcionales de tales pueden agregarse a alimentos, incluyendo bebidas, gomas de mascar, y barras energéticas usando la presente  
20 invención. Componentes funcionales como fito-químicos y/u otros componentes funcionales que proporcionan beneficios fisiológicos pueden incorporarse a alimentos para llevar estos beneficios a los consumidores. Algunos ejemplos son sitostanol éster u otros ingredientes bioactivos tales como ácido graso omega-3 y fibras  
25 dietéticas bifidogénicas que pueden ayudar a colesterol inferior

y combatir enfermedades cardiovasculares. Carotenoides, hidrosilato de colágeno, flavonoides, entre otros componentes funcionales son ejemplos adicionales.

#### Usos Ejemplares de la Presente Invención

5                   La presente invención proporciona un método para recubrir una formulación con otra formulación para formar cápsulas con diámetros en el rango micro y nanométrico para añadirse a alimentos. El método es especialmente adaptado para la introducción de un número de componentes a productos alimenticios, incluyendo componentes funcionales de capas múltiples como se describe posteriormente. El método de la invención puede usarse para recubrir componentes funcionales con una sustancia teniendo una calidad deseable para sabor o textura de alimentos (v.gr., especias, sazónadores, sabores naturales, y similares).  
10                   Así, la presente invención permite la incorporación de una cantidad efectiva de un aditivo mejorador o funcional a un producto alimenticio sin tener un efecto adverso en la propiedades organolépticas del producto alimenticio. Una "cantidad efectiva" es una cantidad de aditivo que proporciona un efecto deseado o beneficio ante el consumo.

20                   El método de la invención puede usarse para producir productos alimenticios teniendo mayor contenido de fibra, mientras aun mantiene la textura y sabor de sus contrapartes convencionales, por medio de recubrir partículas de fibra con una  
25                   sustancia deseable que mejora el sabor, textura, etc., del

alimento. Por ejemplo, partículas de salvado pueden recubrirse con otra sustancia (v.gr., grasa, aceite o azúcar), y para asemejar el tamaño normal de tamaño de partículas en alimentos (v.gr., partículas de salvador recubiertas con grasa pueden producirse para asemejar el tamaño normal de glóbulos de grasa en alimentos). Esto conservará el sabor y/o sentir del alimento, y puede ser útil para crear alimentos que son bajos en grasa, para disminuir enfermedades cardiovasculares, o bajas en azúcares, para diabéticos, sin sacrificar el sabor o textura del producto alimenticio.

El dispositivo también puede usarse para recubrir proteínas y/o aminoácidos específicos en alimentos para hacerlos mayores en proteínas y/o aminoácidos, pero con mejor sabor y/o textura debido a la sustancia que está recubriendo la proteína. El recubrimiento de otras moléculas de relleno, tales como metilcelulosa, caseína, y similares, también se pretenden englobarse en la presente invención. El uso de tales composiciones de relleno, que de preferencia no agregan a la naturaleza calórica de un alimento será aparente a un técnico en la materia ante la lectura de la presente divulgación.

#### Alimentos con Componentes Teniendo Recubrimientos de Aditivos de Alimento

Mientras que la efectividad de un aditivo de alimento es debida a su área superficial, el uso del método de la invención puede reducir sustancialmente la cantidad de aditivos.

Por ejemplo, recubrir una partícula de relleno sin alterar el color de un alimento o bebida puede reducir la cantidad de aditivos de color que se añaden a productos alimenticios.

5 Los aditivos de alimentos que pueden usarse para recubrir una partícula incluyen, pero no se limitan a, acidificantes, adyuvantes de sabor, mejoradores de sabor entre muchos otros.

#### **Alimentos con Componentes Incompatibles**

10 Alimentos teniendo componentes funcionales que son incompatibles con los otros ingredientes del producto alimenticio pueden también recubrirse usando el método de la presente invención. Por ejemplo, la adición de partículas recubiertas de lactasa, que serían liberadas en el tracto gastrointestinal, a un producto alimenticio tal como leche, queso, o helado, permitirían  
15 a gente afectada con intolerancia a la lactosa que digieran estos productos. La adición de partículas de amilasa recubiertas puede también facilitar la digestión de ciertos alimentos altos en fibra.

20 Otros componentes que cuando se añaden a un alimento pueden ocasionar que el alimento cambie de naturaleza de textura también pueden añadirse a un alimento por medio de recubrir la partícula para liberación durante la digestión. La adición de gelatina a una bebida, que puede ser saludable para los huesos y articulaciones, cambia la naturaleza de la bebida a menos que la  
25 gelatina se recubra con el método de la presente invención y

después se agregue a la bebida.

#### Alimentos Fortificados con Componentes que Alteran el Sabor

Minerales tales como compuestos de hierro pueden alterar el sabor de un producto alimenticio pero un recubrimiento que tiene ya sea un sabor neutro o un sabor que mejora el producto alimenticio puede enmascarar este efecto. Los ácidos grasos omega-3 y extracto de ajo, que han sido recomendados para niveles de colesterol y de triglicéridos bajos en la sangre, pueden recubrirse para eliminar su influencia negativa en el sabor del alimento y para permitirles ser añadidos a una amplia variedad de alimentos.

La presente invención no se limita a los componentes y pasos particulares descritos anteriormente, ya que estos pueden, por supuesto, variar. También deberá entenderse que la terminología usada en la presente es con el propósito de describir formas de realización particulares solamente y no pretende ser limitativa, dado que el alcance de la presente invención será limitado solamente por las reivindicaciones anexas. Todas las publicaciones, incluyendo patentes, referidas en la presente especificación se incorporan en la presente por referencia.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir partículas encapsuladas para agregarse a productos alimenticios, dicho método comprendiendo:

5                   forzar un primer líquido a través de una primera abertura de salida en una primera aguja de alimentación electrificada para formar un cono Taylor en la primera salida donde un chorro extremadamente delgado del primer líquido se emite hacia una cámara;

10                   forzar un segundo líquido, no miscible con el primer líquido, a través de una segunda salida en una segunda aguja de alimentación, donde la segunda aguja de alimentación se localiza concéntricamente con respecto de la primera aguja de alimentación, en una manera la cual ocasiona que el segundo líquido forme  
15                   un menisco cónico que es anclado a la segunda salida de la segunda aguja de alimentación y rodee al cono Taylor del primer líquido;

                  donde un chorro del segundo líquido, el cual es coaxial con, y rodea a el chorro extremadamente delgado del primer  
20                   líquido, se emite a partir del menisco cónico dentro de la cámara;

                  donde la segunda aguja de alimentación puede estar al mismo o diferente potencial eléctrico que la primera aguja de alimentación;

25                   donde la cámara contiene una atmósfera dieléctrica;



donde interfaces de fluido estables se mantienen entre el segundo líquido y el gas o vacío en la cámara y donde el segundo y el primer líquido forzados desde las primera y segunda agujas de alimentación forman, cuando los chorros coaxiales se rompen, las partículas encapsuladas; y

donde las partículas encapsuladas comprenden un núcleo interior del primer líquido y una capa exterior del segundo líquido y donde las partículas encapsuladas tienen un diámetro promedio de alrededor de 100 micras a alrededor de 15 nanómetros.

2. El método de la reivindicación 1, donde el segundo líquido forma un cono Taylor y el primer líquido es impulsado por el segundo líquido.

3. El método de la reivindicación 1, donde el primer líquido es un alimento o aditivo de alimento y el segundo líquido es un material de polímero que encapsula al alimento o aditivo de alimento cuando los chorros coaxiales se rompen.

4. El método de la reivindicación 2, donde el primer líquido es un alimento o aditivo de alimento y el segundo líquido es un material polimérico que encapsula al alimento o aditivo de alimento cuando los chorros coaxiales se rompen.

5. El método de la reivindicación 1, donde el primer líquido es un alimento o aditivo de alimento con alto valor nutricional pero sabor ofensivo y el segundo líquido es un polímero que encapsula al alimento o aditivo de alimento cuando los chorros coaxiales se rompen.

6. El método de la reivindicación 2, donde el primer líquido es un alimento o aditivo de alimento con un alto valor nutricional pero sabor ofensivo y el segundo líquido es un polímero que encapsula al alimento o aditivo de alimento cuando los chorros coaxiales se rompen.

7. Un producto alimenticio mejorado o funcional comprendiendo un producto alimenticio y una cantidad efectiva de uno o mas aditivos mejoradores, donde el uno o mas aditivos mejoradores se incorporan dentro del producto alimenticio en la forma de partículas encapsuladas comprendiendo un núcleo interior conteniendo el uno o mas aditivos y una composición protectora como una capa exterior rodeando al núcleo interior, y donde las partículas encapsuladas tienen un diámetro promedio de alrededor de 100 micras a alrededor de 15 nanómetros, donde la composición protectora previene o reduce significativamente cualquier efecto adverso del uno o mas aditivos en las propiedades organolépticas u otras del producto alimenticio mejorado o funcional.

8. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 7, donde las partículas encapsuladas se preparan usando un método que comprende:

forzar un primer líquido a través de una primera abertura de salida en una primera aguja de alimentación electrificada para formar un cono Taylor en la primera salida donde un chorro extremadamente delgado del primer líquido se emite hacia una cámara;

forzar un segundo líquido, no miscible con el primer líquido, a través de una segunda salida en una segunda aguja de alimentación, donde la segunda aguja de alimentación se localiza concéntricamente con respecto de la primera aguja de alimentación, en una manera la cual ocasiona que el segundo líquido forme un menisco cónico que es anclado a la segunda salida de la segunda aguja de alimentación y rodee al cono Taylor del primer líquido;

donde un chorro del segundo líquido, el cual es coaxial con, y rodea a el chorro extremadamente delgado del primer líquido, se emite a partir del menisco cónico dentro de la cámara;

donde la segunda aguja de alimentación puede estar al mismo o diferente potencial eléctrico que la primera aguja de alimentación;

donde la cámara contiene una atmósfera dieléctrica;

donde interfaces de fluido estables se mantienen entre el segundo líquido y el gas o vacío en la cámara y donde el segundo y el primer líquido forzados desde las primera y segunda agujas de alimentación forman, cuando los chorros coaxiales se rompen, las partículas encapsuladas; y

donde el primer líquido es el uno o mas aditivos mejoradores y el segundo líquido es la composición protectora.

9. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 7, donde el uno o mas aditivos mejoradores se

seleccionan a partir del grupo que consiste en vitaminas, minerales, colorantes, herbales, nutricéuticos, flavonoides, antimicrobianos, conservadores, suplementos dietéticos, fibra, fito-químicos, ácidos omega, carotenoides, y colágeno.

5                   10. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 8, donde el uno o mas aditivos mejoradores se seleccionan a partir del grupo que consiste en vitaminas, minerales, colorantes, herbales, nutricéuticos, flavonoides, antimicrobianos, conservadores, suplementos dietéticos, fibra,  
10                   fito-químicos, ácidos omega, carotenoides, y colágeno.

                  11. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 8, donde el uno o mas aditivos mejoradores son ingredientes biológicamente activos que contribuyen al bienestar global o reducen en riesgo de enfermedades o condiciones  
15                   específicas en un consumo animal del producto alimenticio mejorado o funcional.

                  12. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 9, donde el uno o mas aditivos mejoradores son ingredientes biológicamente activos que contribuyen al bienestar  
20                   global o reducen en riesgo de enfermedades o condiciones específicas en un consumo animal del producto alimenticio mejorado o funcional.

                  13. El producto alimenticio mejorado o funcional de la reivindicación 11, donde el animal es un humano.

25                   14. El producto alimenticio mejorado o funcional de la

Resumen

La presente invención se relaciona con la producción de cápsulas o partículas de tamaño micro y nanométrico, para introducción en alimentos, usando chorros coaxiales electrificados estables de dos líquidos inmiscibles con diámetros en el rango micro y nanométrico. Un aerosol de gotas estructuradas cargadas se forma cuando los chorros se disocian por inestabilidades capilares. Las gotas estructuradas, que son nano-dispersas en tamaño, contienen un primer líquido (generalmente el material que se desea añadir) que se rodea por un segundo líquido. Generalmente, el segundo líquido proporciona una barrera o recubrimiento protector que permite la adición del primer líquido a un producto alimenticio sin afectar de manera adversa las propiedades organolépticas u otras del producto alimenticio.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**